Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



# Experimental-Untersuchungen über die Keimung der Samen.

## Erste Reihe.

Von Prof. Dr. **Julius Wiesner.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. Juli 1871.)

## I. Untersuchungen über den Gang der Temperatur und über die Ursachen der Erwärmung beim Keimen.

Es ist wohl seit langer Zeit her bekannt, dass beim Keimen der Samen Wärme frei wird. Ebenso bekannt ist es, dass die kräftigen Oxydationen, welche den Keimungsact stets begleiten und eine starke Kohlensäureentwicklung zur Folge haben, die Quelle, oder wenigstens doch die Hauptquelle, der beim Keimen der Samen frei werdenden Wärme bilden. Genauere Untersuchungen über den Gang der beim Keimen auftretenden Temperaturen und deren Ursachen sind jedoch bis jetzt noch nicht angestellt worden.

Um über beides, nämlich sowohl über den Gang der Temperatur als auch über die Ursache der Erwärmung beim Keimen ins Klare zu kommen, habe ich zunächst zweierlei Versuche angestellt. Eine bestimmte, gewogene Quantität von Samen wurde bei möglichst constanter Temperatur zum Keimen gebracht und mittelst zweier feingetheilter Kappeller'scher Thermometer, welche die Ablesung von 0·1° C. gestatteten, wurde sowohl die Lufttemperatur als die Temperatur der in Masse keimenden Samen bestimmt. Eine andere Versuchsreihe hatte den Zweck, den Gang der Kohlensäureentwicklung an keimenden Samen festzustellen. Durch Vergleich beider Versuchsreihen konnte sofort constatirt werden, in wie weit die Entwicklung von Kohlensäure die Wärmeverhältnisse keimender Samen beeinflusst.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



## Gang der Temperatur beim Keimen des Hanfes.

Ein halbes Kilogramm frischer Hanfsamen wurde in einen Mousselinbeutel eingeschlagen und in einem Becherglase in Wasser eingetaucht, welches genau die Temperatur der Luft des Versuchslocales hatte. Auch die zum Versuche genommenen Samen hatten dieselbe Temperatur. Das am Grunde des Becherglases angesammelte Wasser wurde abgegossen. Innerhalb der ersten 12 Stunden des Versuches war es nöthig, zur gehörigen Durchfeuchtung der Samen noch mehrmals Wasser zuzusetzen. Es wurde stets nur solches Wasser in Anwendung gebracht, welches genau auf die jeweilige Temperatur der keimenden Samen gebracht war. Das Thermometer tauchte mitten in die Samenmasse hinein. Ich bemerke hier gleich, dass am Anfange des Versuches stets ein Steigen der Temperatur bemerklich war. Die beim Verdampfen des die oberflächlich liegenden Samen benetzenden Wassers gebundene Wärme trug niemals so viel aus, um die beim Keimen auftretende Temperaturserhöhung auszulöschen, so dass es mir nicht nöthig schien, auf diesen — jedenfalls sehr geringen — Wärmeverlust Rücksicht zu nehmen. Die Samen wurden während des Versuches stets so beschattet, dass selbst die zu äusserst liegenden nur schwachen Lichtintensitäten, welche erwiesenermassen die Keimung der Hanfsamen keineswegs beeinträchtigen, ausgesetzt waren.

| | Zeit | Luft-temperatur | Temper. d. keimenden Samen | Temper.-differenz | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Juni | 8$^h$ Morg. | 15 ° C. | 15 ° C. | 0 ° C. | |
| „ | 8$^h$ 30$^m$ | 15 | 15·2 | 0·2 | |
| „ | 9 | 15·5 | 15·9 | 0·4 | |
| „ | 10 | 16·1 | 16·8 | 0·7 | |
| „ | 11 | 16·2 | 17·3 | 1·1 | |
| „ | 12 Mittags | 17·4 | 19·6 | 2·2 | |
| „ | 1 Nachmitt. | 17 | 19·5 | 2·5 | |
| „ | 4 „ | 16·2 | 19·3 | 3·1 | Sprengung einzelner Samenhüllen. |
| „ | 6 „ | 15 | 16·8 | 1·8 | |
| „ | 8 Abends | 14·8 | 15·3 | 0·5 | |
| „ | 9 „ | 14·4 | 15·4 | 1·0 | |
| „ | 11 Nachts | 14·9 | 16·8 | 1·9 | |
| 2. Juni | 3 Morg. | 14·1 | 16·0 | 1·9 | Allg. Sprengung der Samenhüllen. |

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



| Zeit | Luft-temperatur | Temper. d. keimenden Samen | Temper.-differenz | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| 2. Juni 8h Morg..... | 15·5° C. | 17·7° C. | 2·2° C. | Erscheinen der Würzelchen. |
| „ 11 „ .... | 16·5 | 19·1 | 2·6 | |
| „ 1 Nachmitt. . | 16·7 | 19·2 | 2·5 | |
| „ 4 „ . | 15·8 | 18·9 | 3·1 | |
| „ 8 Abends ... | 15·2 | 19·2 | 4·0 | Würzelchen 2 bis 5 Millim. |
| 3. Juni 7 Morg..... | 15·1 | 19·2 | 4·1 | Würzelchen 4 bis 7 Millim. |
| „ 9 „ ..... | 15·3 | 19·9 | 4·6 | |
| „ 1 Nachmitt. . | 16·5 | 21·5 | 5·0 | Würzelchen 4 bis 9 Millim. |
| „ 3 „ . | 16·0 | 21·5 | 5·5 | |
| „ 9 Abends ... | 14·5 | 20·1 | 5·6 | |
| 4. Juni 7 Morg..... | 15·1 | 21·2 | 6·1 | Würzelchen 8 bis 12 Millim. |
| „ 2 Nachmitt. . | 16·1 | 22·3 | 6·2 | Die Blättchen erscheinen. |
| „ 8 Abends ... | 14·5 | 21·7 | 7·2 | |
| 5. Juni 8 Morg..... | 16·1 | 23·6 | 7·5 | |
| „ 12 Mittags ... | 16·8 | 21·9 | 5·1 | |
| „ 3 Nachmitt. . | 15·8 | 19·9 | 4·1 | |
| „ 6 „ . | 15·2 | 18·4 | 3·2 | |

Von hier ab sind die Zahlen nicht mehr verlässlich, da sich nunmehr ein Stillstand in der Entwicklung der herangewachsenen Keimlinge und eine Art Fäulniss der zurückgebliebenen Keimlinge einstellte.

## Gang der Kohlensäureentwicklung beim Keimen des Hanfes.

Zweihundert, anscheinend gesunde Samen des Hanfes wurden in einen Kolben gebracht, dessen Boden mit nassgemachtem, schwarzem Fliesspapier völlig bedeckt war. Der Kolben wurde nach der einen Seite mit einer Chlorcalcium- und mehreren Kaliröhren, nach der anderen Seite mit einem Kaliapparate und einem Aspirator so in Verbindung gebracht, dass zwischen dem Kolben, der die Samen enthielt, und dem Kaliapparate, ferner zwischen dem Kaliapparate und dem Aspirator je zwei Chlorcalciumröhren eingeschaltet waren, so dass in den Kaliapparat nur trockene Kohlensäure eintreten konnte und zudem der Kali-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



apparat gegen die Wasseraufnahme vom Aspirator her geschützt war. Dieser Apparat liess, wie sich bei Ausschaltung des die Samen enthaltenden Kolbens herausstellte, eine genaue quantitative Bestimmung der von den Samen exhalirten Kohlensäure zu.

| Zeit der Wägung | | | Menge der vom Kaliapparat aufgenommenen Kohlensäure | | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Juni | $9^1/_2{}^h$ | Vorm. .... | 0 | | |
| „ | 10 | „ .... | 0 | | |
| „ | 11 | „ .... | 0 | | |
| „ | 12 | Mittags ... | 0 | | |
| „ | 1 | Nachm. ... | 1 | Milligr. | |
| „ | 2 | „ ... | 2 | „ | |
| „ | 3 | „ ... | 2·5 | „ | |
| „ | 4 | „ ... | 3·5 | „ | |
| „ | 5 | „ ... | 4 | „ | Sprengung der Samenhüllen. |
| „ | 6 | „ ... | 5 | „ | |
| „ | $10^1/_2$ | Abends ... | 9[1] | „ | |
| 2. Juni | 9 | Vorm. .... | 20 | „ | Die Würzelchen treten hervor. |
| „ | $11^1/_2$ | „ .... | 11·5 | „ | |
| „ | $1^3/_4$ | Nachm. ... | 15·5 | „ | Die Würzelchen haben eine Länge von 2—4 Millim. |
| „ | 3 | „ ... | 17·0 | „ | |
| „ | 8 | Abends ... | 17·0 | „ | |
| „ | $9^3/_4$ | „ ... | 9·0 | „ | |
| 3. Juni | 9 | Vorm. .... | 57·0 | „ | Die Würzelchen haben eine Länge von 4—8; einzelne von 10 Millim. |
| „ | 10 | „ .... | 11 | „ | |
| „ | 12 | Mittags ... | 15 | „ | |
| „ | 1 | Nachm. ... | 19·5 | „ | |
| „ | 3 | „ ... | 33·5 | „ | |
| „ | $10^1/_2$ | Abends ... | 56 | „ | Die ersten Blättchen erschienen. |

[1] Während der Nacht wurde nicht aspirirt, aber durch Abschliessen des Kolbens ein Entweichen der gebildeten $CO_2$ unmöglich gemacht.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



| Zeit der Wägung | | | Menge der vom Kaliapparat aufgenommenen Kohlensäure | | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 4. Juni | 9 | h Vorm. . . . | 62·5 | Milligr. | Beinahe alle Cotylen sichtbar, die Würzelchen 10 bis 30 Millim. lang. |
| „ | $11^1/_2$ | „ . . . | 22 | „ | |
| „ | 2 | Nachm. . . | 28 | „ | |
| „ | 4 | „ . . | 25 | „ | |
| „ | 8 | Abends . . | 36 | „ | |
| „ | 10 | „ . . | 106 | „ | |
| „ | 8 | Vorm. . . . | 13[1] | „ | |
| „ | $10^1/_2$ | „ . . . | 4 | „ | |
| „ | 12 | Mittags . . | 3·5 | „ | |
| „ | 2 | Nachm. . . | 1 | „ | |
| „ | 3 | „ . . | 0 | „ | |
| „ | 4 | „ . . | 0 | „ | |
| „ | 5 | „ . . | 0 | „ | |

Die Menge der gesammten, von den 166 Keimpflanzen [2] exhalirten Kohlensäure betrug im Ganzen 610 Milligr. 166 Hanfkörner der verwendeten Partie hatten ein Lebendgewicht von 2·99, ein Trockengewicht von 2·709 Gr., führten mithin etwa 9·3 Proc. Wasser. 166 herangewachsene Hanfkeimlinge wogen lebend 9·616, völlig getrocknet 1·364 Gr., besassen deshalb einen Wassergehalt von etwa 85 Proc. Der Substanzverlust während des Keimens betrug mithin etwa 49 Proc.

Vergleicht man die beiden eben mitgetheilten Versuchsreihen, so ergibt sich auf den ersten Blick, dass bei der Keimung, lange bevor eine Kohlensäureentwicklung sich einstellt, eine und zwar nicht unbeträchtliche Temperaturerhöhung sich bemerkbar macht. — Der Gedanke, der mir bei dieser Erwägung sofort entgegen-

---

[1] Da unter den zahlreichen, völlig herangewachsenen Keimlingen sich einige stark zurückgebliebene und mehrere ganz unveränderte Samen befanden, wurden die ersteren (166 Keimlinge) im Kolben belassen, die Samen und verkümmerten Keimlinge aber entfernt und nunmehr der Versuch fortgesetzt.

[2] Die Menge der von den verkümmerten Keimlingen ausgeschiedenen Kohlensäure wurde, als verschwindend klein, nicht in Betracht gezogen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



trat, war der, dass möglicherweise bei der Wasseraufnahme der Samen eine Verdichtung des Wassers in den Geweben der Samen eintritt, welche ein Freiwerden von Wärme zur Folge haben müsste. Ich erinnerte mich hierbei des von mir mehrmals wiederholten Versuches, dass sich nämlich lufttrockene Stärke bei der Aufnahme von Wasser um einige Grade erwärmt [1]. Würde in der That die Wasseraufnahme der Samen zur Wärmequelle beim Keimungsacte werden, so müsste sich dies auch bei der Wasseraufnahme zerstörter Samen zeigen. Um hierüber ins Klare zu kommen, habe ich etwa 25 Gramm Hanfsamen auf einer Samenmühle fein zerkleinert und die Temperatur des Samenmehles bestimmt. Hierauf wurde destillirtes Wasser durch schwache Erwärmung auf dieselbe Temperatur gebracht, und hiermit die zerkleinerten Samen befeuchtet. In jedem Versuche stieg fast augenblicklich die Temperatur um 0·8—1·5° C., wie folgende Zahlen lehren:

| | Temperatur des Samenmehls vor der Befeuchtung [2] | Temperatur des Samenmehls nach der Befeuchtung | Differenz |
|---|---|---|---|
| 1. Versuch... | 21·8° C. | 22·6° C. | 0·8° C. |
| 2. „ ... | 21·9 | 23·1 | 1·2 |
| 3. „ ... | 22·1 | 23·6 | 1·5 |
| 4. „ ... | 21·5 | 22·5 | 1·0 |
| 5. „ ... | 21·6 | 22·5 | 0·9 |

[1] Vgl. Jungk. Pogg. Ann. 1865 Bd. 125. p. 292 ff. und Sachs' Lehrbuch der Botanik 2. Auflage p. 551.

[2] Es ist wohl fast überflüssig hervorzuheben, dass die Samen beim Vermahlen eine mit dem Thermometer leicht nachweisbare Erwärmung erfahren, und dass ich in Folge dieses Umstandes mit den Versuchen erst dann beginnen konnte, nachdem das Samenmehl die Lufttemperatur angenommen hatte. — Auch möchte ich hier einem Einwande begegnen, der möglicher Weise meinem Versuche gemacht werden könnte. Es ist allerdings von vornherein ziemlich unwahrscheinlich, aber gewiss nicht unmöglich, dass die Erwärmung, welche die zerkleinerten Samen bei der Befeuchtung erleiden, durch Kohlensäurebildung hervorgerufen werde. Ich habe zu diesem Behufe 30 Gramm lufttrockene, geschrotete Gerste, deren Erwärmung bei der Wasseraufnahme constatirt wurde (vgl. p. 422), im angenässten Zustande in den oben beschriebenen Kohlensäurebestimmungsapparat eingeschaltet und erhielt nach ½stündigem Aspiriren noch nicht einmal eine wägbare Menge von Kohlensäure, woraus wohl auf das bestimmteste folgt,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Die voranstehenden Beobachtungen zeigen wohl deutlich, dass die ersten, kurz nach dem Beginne der Keimung der Hanfsamen eintretenden Temperaturserhöhungen in der Wasseraufnahme, welche unter Verdichtung der Flüssigkeit in den Geweben statthaben muss, ihren Grund haben müsse.

Ich werde nun zunächst zu zeigen versuchen, dass bei den Samen anderer Pflanzen eine ähnliche Temperaturserhöhung sich constatiren lässt, wenn man sie im zerkleinerten Zustande mit Wasser zusammenbringt.

Zu diesen Versuchen dienten mehrere unserer Getreidearten, Mais, Gerste, Hafer, Weizen, ferner die Samen von Nadelhölzern, u. s. w. Alle Versuche gaben bei Anwendung gleicher Gewichtsmengen ziemlich übereinstimmende Resultate, nur scheinen, wie die nachfolgenden Daten zeigen, die ölhaltigen Samen eine etwas stärkere Erwärmung bei der Wasseraufnahme zu erfahren, als die stärkmehlführenden.

| | Temperatur des Samenmehls vor der Befeuchtung | Temperatur des Samenmehls nach der Befeuchtung | Differenz |
|---|---|---|---|
| | 1. Gerste. | | |
| 1. Versuch | 14·1° C. | 15·0° C. | 0·9° C. |
| 2. „ | 14·8 | 15·8 | 1·0 |
| 3. „ | 15·5 | 16·3 | 0·8 |
| 4. „ | 18·2 | 19·1 | 0·9 |
| | 2. Mais. | | |
| 1. Versuch | 23·1° C. | 24 ° C. | 0·9° C. |
| 2. „ | 23·0 | 23·8 | 0·8 |
| 3. „ | 22·5 | 23·4 | 0·9 |
| 4. „ | 22·7 | 23·6 | 0·9 |
| | 3. Samen von *Pinus silvestris*. | | |
| 1. Versuch | 22·4° C. | 23·5° C. | 1·1° C. |
| 2. „ | 21·8 | 23·0 | 1·2 |
| 3. „ | 19·5 | 20·9 | 1·4 |
| 4. „ | 20·6 | 22·2 | 1·6 |

dass die Erwärmung des Samenmehls bei der Wasseraufnahme mit einer Oxydation nichts zu schaffen hat.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Das Studium des Ganges der Temperatur bei der Keimung anderer Samen hat ebenfalls ähnliche Resultate, wie das oben mitgetheilte Beispiel der Keimung der Hanfsamen ergeben. Um nicht allzuviel Raum in Anspruch zu nehmen, werde ich mich damit begnügen, der obigen, auf die Keimung des Hanfes bezüglichen Versuchsreihe nur noch eine anzufügen, welche ich beim Studium der Keimung der Gerste erhielt.

### Gang der Temperatur bei der Keimung der Gerste.

Die Menge der zum Versuche verwendeten Gerste betrug $^1/_4$ Kgr. Der Versuch wurde in völlig gleicher Weise wie beim Hanf durchgeführt.

| Zeit | | | Luft-temperatur | Temper. d. keimenden Samen | Differenz | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16. Juni | 3h | Nachm. | 18·1° C. | 18·1° C. | 0° C. | |
| „ | 4 | „ | 18·2 | 18·2 | 0 | |
| „ | 5 | „ | 18·1 | 18·2 | 0·1 | |
| „ | 6 | „ | 17·5 | 17·9 | 0·4 | |
| „ | 7 | „ | 18·1 | 18·6 | 0·5 | |
| „ | 8 | Abends | 18·3 | 18·9 | 0·6 | |
| „ | 9 | „ | 19·0 | 20·0 | 1·0 | |
| „ | 10 | „ | 19·2 | 19·8 | 0·6 | |
| „ | 11 | „ | 18·5 | 18·9 | 0·4 | |
| 17. Juni | 3½h | Mrgs. | 18·0 | 18·2 | 0·2 | |
| „ | 7 | „ | 18·6 | 19·0 | 0·4 | |
| „ | 10h | Vorm. | 19·5 | 20·0 | 0·5 | |
| „ | 1 | Nachm. | 20·1 | 20·9 | 0·8 | |
| „ | 3 | „ | 19·6 | 20·7 | 1·1 | |
| „ | 4 | „ | 20·0 | 21·5 | 1·5 | Die Würzelch. erscheinen. |
| „ | 5 | „ | 20·2 | 22·0 | 1·8 | |
| „ | 10 | Abends | 20 | 21·4 | 1·4 | |
| 18. Juni | 8 | Vorm. | 19·2 | 21·5 | 2·3 | Würzelchen 6 bis 10 Millim. lang. |
| „ | 1 | Nachm. | 21·2 | 23·2 | 2·0 | |
| „ | 3 | „ | 21·2 | 23·3 | 2·1 | |
| „ | 6 | „ | 21·5 | 24·2 | 2·7 | |
| „ | 9 | „ | 21·4 | 24·3 | 2·9 | |
| 19. Juni | 8 | Vorm. | 20·5 | 23·5 | 3·0 | Der beblätt. Stengel wird sichtbar [1]. |

[1] Das Endosperm enthält noch den grössten Theil der Stärke.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 19. Juni | 10½ h | Vorm. | 21·0° C. | 24·1° C. | 3·1° C. | |
| „ | 12 h | Mittags | 20·1 | 23·9 | 3·8 | |
| „ | 4 | Nachm. | 19·1 | 23·1 | 4·0 | |
| „ | 7 | „ | 18·5 | 23·0 | 4·5 | |
| „ | 8 | „ | 18·5 | 23·0 | 4·5 | Stengel 0·5—2 Centim. [1]. |
| „ | 10 | Abends | 19·8 | 24·5 | 4·7 | |
| 20. Juni | 8 | Vorm.. | 20·8 | 23·5 | 2·7 | Keime 4—10 Centim. lang, ergrünt [2]. |
| „ | 2 | Nachm. | 21·1 | 23·1 | 2·0 | |

Hier wurde der Versuch unterbrochen, weil sich zahlreiche bis dahin unentwickelt gebliebene Samen abnorm zu entwickeln begannen, und noch kleine Temperaturserhöhungen verursachten, obgleich die Hauptmasse der Samen schon ausgekeimt waren.

## Gang der Kohlensäureentwicklung bei der Keimung der Gerste.

Hundert, dem Anscheine nach gesunde Gerstenkörner wurden in den oben beschriebenen Kohlensäurebestimmungsapparat gebracht und von Zeit zu Zeit durch Wägung des Kaliapparates die von den Körnern exhalirte Kohlensäure bestimmt.

| Zeit der Wägung | | | Menge der vom Kaliapparate aufgenommenen Kohlensäure | | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 11. Juni | 9 h | Vorm. ..... | 0 | | |
| „ | 10 | „ ..... | 0 | | |
| „ | 11 | „ ..... | 0 | | |
| „ | 12 | Mittags .... | 0 | | |
| „ | 1 | Nachm..... | 0 | | |
| „ | 2 | „ ..... | 0 | | |
| „ | 5 | „ ..... | 4·5 | Milligr. | |
| „ | 6½ h | „ ..... | 5·5 | „ | |
| 12. Juni | 7 h | Morgens ... | 47 | „ | Die Würzelchen wurden sichtbar. |

[1] In dem Endosperm ist etwa noch drei Viertel bis die Hälfte der ursprünglichen Stärkemenge vorhanden.

[2] Das Endosperm ist zum grossen Theile entleert; es lassen sich aber immerhin, selbst noch makroskopisch, kleine Stärkemengen erkennen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



| Zeit der Wägung | Menge der vom Kaliapparate aufgenommenen Kohlensäure | | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| 12. Juni 9h Vorm. .... | 17 | Milligr. | |
| „ 12 Mittags .... | 51 | „ | |
| „ 3½h Nachm... | 21 | „ | Würzelchen 2—10 Millim. lang. |
| „ 5½ „ .. | 32·5 | „ | |
| „ 6½ „ .. | 25 | „ | |
| 13. Juni 8h Morgens .. | 114 | „ | Würzelchen 1—2 Cent. Die Stengelchen erscheinen. |
| „ 10 Vorm..... | 42 | „ | |
| „ 12 Mittags.... | 39 | „ | |
| „ 1 Nachm..... | 10 | „ | |
| „ 4 „ .... | 107 | „ | |
| „ 5 „ .... | 24 | „ | Halme 5—6 Centim. lang. |
| „ 7 Abends.... | 40 | „ | |
| „ 9 „ .... | 103 | „ | |
| 14. Juni 9½h Vorm.... | 129 | „ | Die meisten Halme hatten eine Länge von 10 Cent. [1] |
| „ 11½ „ ... | 91 | „ | |
| „ 12½ Nachm... | 48 | „ | |
| „ 2½ „ .. | 51 | „ | |
| „ 4h Nachm. ... | 59 | „ | |
| „ 6 „ ... | 19 | „ | |
| „ 10 Abends.... | 19 | „ | |
| 15. Juni 8 Vorm..... | 8 | „ | |
| „ 12 Mittags ... | 37 | „ | |
| „ 5 Nachm..... | 40 | „ | |
| „ 10 Abends.... | 5 | „ | |
| 16. Juni 8 Vorm..... | 5 | „ | |
| „ 10 „ ..... | 0 | „ | |
| „ 12 Mittags ... | 0 | „ | |
| „ 2 Nachm..... | 0 | „ | |

[1] Am Morgen des 14. Juni wurden alle nicht gekeimten Gerstenkörner und einige verkümmerte Keimlinge beseitigt. Die Zahl der Gerstenkeimlinge betrug 63.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Die Gesammtmenge der Kohlensäure betrug in diesem Versuche 1·194 Gramm. Da die Menge der Kohlensäure, welche die wenigen verkümmerten, während des Versuchs beseitigten Keimlinge lieferten, eine verschwindend kleine sein musste, so kann man annehmen, dass diese Kohlensäuremenge von 63 Keimlingen während des ganzen Verlaufes der Keimung geliefert wurde. 63 Gerstenkörner haben ein Lebendgewicht von 1·976 Grm. und ein Trockengewicht von 1·793 Grm. Der Wassergehalt der Körner betrug somit etwa 9·26%. 63 herangewachsene Keimlinge hatten ein Lebendgewicht von 9·075, ein Trockengewicht von 1·431 Grm., somit einen Wassergehalt von 84%. Der Substanzverlust während des Keimens betrug 0·362 Grm., also etwa 20%.

Schliesslich möchte ich noch einige Mittheilungen über eine von der früheren abweichende Versuchsreihe machen, die eine nochmalige Bestätigung der Thatsache, dass die Temperaturserhöhungen beim Keimacte früher als die Kohlensäureentwicklung eintritt, liefert.

Mehrere, etwa 10—12 Grm. Samen (*Pinus laricio*, *silvestris*, Mais etc.) wurden in einem Kölbchen mit Wasser beleuchtet, das überschüssige Wasser entfernt, und mittelst eines Aspirators durch die Samen ganz langsam atmosphärische Luft, welche früher ihrer Kohlensäure beraubt wurde, geleitet. Die von den feuchten Samen kommende Luft wurde in Barytwasser geleitet. Durch den Kautschukpfropf des die Samen enthaltenden Kölbchens ging ein Thermometer, welches tief in die Samen hineinreichte. Durch Vergleich dieses Thermometers mit einem zweiten, welches die Lufttemperatur des Versuchslocales anzeigte, konnte ich jede innerhalb der Samen eintretende Temperaturerhöhungen wahrnehmen, und am Barytwasser erkennen, ob die Samen Kohlensäure entwickeln oder nicht. — Nachdem die Apparate schon mehrere Stunden in Thätigkeit waren, war noch keine Trübung im Barytwasser bemerklich, aber dennoch zeigte das in die Samen hinabgetauchte Thermometer eine Temperaturerhöhung von 0·2—0·4° C.

Aus den im Vorhergehenden mitgetheilten Beobachtungen geht mit aller Bestimmtheit hervor, dass beim Keimen der Samen die Kohlensäurebildung später als die Wärmeentwicklung eintritt,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



woraus sich ergibt, dass die Kohlensäurebildung nicht die einzige beim Keimacte betheiligte Wärmequelle bildet. Die oben angeführten Beobachtungen lehren ferner, dass eine weitere Wärmequelle in der Wasseraufnahme der Samen zu suchen ist. Die mit Wasser in Berührung kommenden Samen verdichten nämlich das in ihre Gewebe eintretende Wasser, wobei Wärme frei wird. Die ersten beim Keimacte freiwerdenden Wärmemengen werden wohl blos durch diese Wasserverdichtung hervorgerufen.

Die oben angeführten Zahlen über die Temperaturserhöhung beim Keimen lehren auch, dass die Kohlensäureentwicklung nicht erst dann beginnt, nachdem die Wasseraufnahme als Wärmequelle zu functioniren aufgehört hat; dass vielmehr einige Stunden nach der Aussaat der Samen beide Wärmequellen — die Wasserverdichtung und die Kohlensäurebildung — thätig sind.

---

## II. Über den Einfluss hoher Temperaturen auf die Keimfähigkeit einiger Samen.

Es ist von den Samen mancher Pflanzen, z. B. einiger Weiden bekannt, dass schon eine scharfe Trocknung an der Sonne ihre Keimfähigkeit vernichtet, oder doch die Keimungsgeschwindigkeit herabsetzt. Hingegen weiss man von anderen Samen, z. B. Bohnen, dass sie selbst eine Temperatur von 60 bis 70° C. einige Zeit ($^1/_2$—1 Stunde) zu ertragen im Stande sind. Unsere Kenntnisse über die Widerstandsfähigkeit der Samen gegen höhere Temperaturen reichen aber über diese vereinzelten Beobachtungsresultate nicht hinaus. Namentlich sind manche Samen in dieser Richtung noch nicht untersucht worden, bei welchem es von praktischem Interesse wäre, zu wissen, in wie weit sie höhere Temperaturen zu ertragen im Stande sind; so z. B. die Samen unserer Nadelhölzer, von denen manche bei der Gewinnung im Grossen durch Klengelung erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind. Um wenigstens eine kleine Lücke in der Kenntniss dieses Gegenstandes auszufüllen, habe ich versucht, die Samen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



unserer gewöhnlichen Nadelhölzer erhöhten Temperaturen auszusetzen und hierauf durch gewöhnliche Aussaat ihre Keimfähigkeit zu prüfen. Leider war im Beginne der Versuche die Jahreszeit schon weit vorgerückt, so dass manche an sich gewiss noch keimfähige Samen nicht mehr zum Keimen zu bringen waren.

Die Versuche erstreckten sich auf die Samen folgender Nadelbäume:

Schwarzföhre (*Pinus laricio* Poir.),
Tanne (*Abies pectinata* DC.),
Fichte (*Abies excelsa* DC.),
Lärche (*Larix europaea* DC.).

Alle zum Versuch genommenen Samen waren frisch, nämlich von der vorjährigen Ernte und lieferten bei der Aussaat im Frühlinge kräftige Keimlinge. Die Erwärmung wurde im Luftbade vorgenommen. Die Dauer und der Grad der Erhitzung der Samen geht aus der unten folgenden Zusammenstellung hervor. Die Versuche wurden am 4. Juni [1] gemacht. Erst nachdem die Samen, und zwar durch ganz allmälige Abkühlung, auf die Lufttemperatur gebracht wurden, erfolgte die Aussaat.

---

[1] Die Zeit von der Aussaat bis zum Keimen währte vom 7. Juni bis 3. Juli. Die Extreme der Temperatur im Schatten im botanischen Garten der Mariabrunner Forst-Akademie, woselbst die Versuche ausgeführt wurden, waren folgende:

| | Min. | Max. | | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 4. Juni .... | 6·7 R.° | 14 R.° | 19. Juni .... | 11·5 R.° | 22·0 R.° |
| 5. „ .... | 8·4 „ | 13·2 R.° | 20. „ .... | 10·5 „ | 21·7 „ |
| 6. „ .... | 3·4 „ | 11·5 „ | 21. „ .... | 10·2 „ | 16·3 „ |
| 7. „ .... | 6·3 „ | 11·8 „ | 22. „ .... | 10·2 „ | 15·1 „ |
| 8. „ .... | 4·6 „ | 17·0 „ | 23. „ .... | 5·5 „ | 16·8 „ |
| 9. „ .... | 6·4 „ | 11·0 „ | 24. „ .... | 6·5 „ | 18·5 „ |
| 10. „ .... | 8·3 „ | 12·2 „ | 25. „ .... | 8·5 „ | 18·5 „ |
| 11. „ .... | 8·4 „ | 13·1 „ | 26. „ .... | ? „ | 17·2 „ |
| 12. „ .... | 8·3 „ | 11·2 „ | 27. „ .... | 7·6 „ | 13·2 „ |
| 13. „ .... | 8·7 „ | 11·8 „ | 28. „ .... | 7·6 „ | 13·0 „ |
| 14. „ .... | 8·8 „ | 13·6 „ | 29. „ .... | 8·5 „ | 15·6 „ |
| 15. „ .... | 9·2 „ | 18·0 „ | 30. „ .... | 9·6 „ | 17·5 „ |
| 16. „ .... | 5·8 „ | 18·8 „ | 1. Juli .... | 6·5 „ | 20·5 „ |
| 17. „ ... | 10·9 „ | 20·5 „ | 2. „ .... | 8·2 „ | 19·7 „ |
| 18. „ .... | 15·5 „ | 22·0 „ | 3. „ .... | 8·5 „ | 22·5 „ |

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Eine kleine Partie von jeder Samenart wurde ebenfalls ausgesäet, und unter denselben Verhältnissen wie die erwärmt gewesenen Samen belassen, um ihre Keimfähigkeit unter den vorhandenen Bedingungen zu erproben. Es keimten die Samen der Schwarzföhren, Fichten und Lärchen. Von den Tannensamen ging nichts auf, weder die unveränderten noch diejenigen, welche erwärmt wurden.

### *1. Pinus laricio.*

*a)* Samen, 102 Minuten von 18° C. auf 55° C. erhitzt und bei 55° C. 15 Min. belassen, gaben normale Keimlinge, welche am 30. Juni erschienen.

*b)* Samen, durch 130 Min. von 18° C. auf 60° C. erhitzt und bei dieser Temperatur 15 Min. erhalten, gaben normale Keimlinge, welche am 28. Juni über dem Boden erschienen.

*c)* Samen, durch 75 Min. von 18° C. auf 70° C. erhitzt, 15 Min. lang bei dieser Temperatur erhalten, keimten am 30. Juni. Keimlinge normal.

Die unerwärmten Samen von *Pin. lar.* keimten am 3. Juli. Die auf 40, 45 und 50° C. erhitzten Samen keimten nicht.

### *2. Abies excelsa.*

*a)* Durch 30 Min. von 18° C. auf 40° C. erhitzt, dabei durch 15 Min. erhalten. Keimlinge normal, erschienen am 1. Juli.

*b)* Durch 35 Min. von 18° C. auf 45° C. erhitzt, dabei 15 Min. belassen. Keimlinge normal, erschienen am 3. Juli.

*c)* Durch 72 Min. von 18° C. auf 50° C., dabei 15 Min. belassen. Keimlinge etwas verkümmert (einzelne Cotylen schlugen fehl), erschienen am 1. Juli.

*d)* Durch 102 Min. von 18° C. auf 55° C., 15 Min. lang. Keimlinge in derselben Weise verkümmert, erschienen am 1. Juli.

*e)* Durch 75 Min. von 18° C. auf 70° C., durch 15 Min. lang erwärmt. Keimlinge schwach, aber mit allen Cotylen, kamen am 3. Juli hervor.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Die unerwärmten Samen traten am 3. Juli über die Erde. Die 35 Min. auf 45° C. erhitzten, durch 50 Min. hierbei belassenen Samen keimten nicht.

### *3. Larix europaea.*

Durch 75 Min. auf, und 15 Min. bei 70° C. erhitzte Samen keimten. Die Keimlinge waren etwas schwächlich und erschienen am 3. Juli

Die aus unerwärmten Samen hervorgegangenen Keimlinge wurden ebenfalls am 3. Juli sichtbar. Auch sie waren wahrscheinlich der hohen Keimtemperatur halber, etwas verkümmert. — Die bis 40, 45, 50, 55 und 60° C. erhitzten Samen keimten nicht.

Hoffentlich werden die Keimversuche, die im nächsten Frühlinge im hiesigen botanischen Garten mit erwärmt gewesenen Samen durchgeführt werden sollen, präcisere Resultate geben. Immerhin geht aber schon aus den hier mitgetheilten Versuchen mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Samen der Nadelhölzer Temperaturen bis zu 70° C., wenigstens durch kurze Zeit, ohne Beeinträchtigung ihres Keimvermögens, zu ertragen im Stande sind. — Einer weiteren Berücksichtigung werth erscheint die Thatsache, dass die erwärmten Samen in der Mehrzahl der Fälle früher als die unerwärmten keimten.

---

## III. Ein rotirender Keimapparat.

Zur Durchführung der bekannten Knight'schen Rotationsversuche mit keimenden Samen werden, wie bekannt, mehrere verschiedenartige Apparate in Anwendung gebracht, die aber entweder sehr kostspielig sind oder keine zweckmässige Einrichtung besitzen. Es ist wohl nicht zu läugnen, dass ein zweckentsprechender Apparat, der sich mit den Mitteln eines Laboratoriums leicht herstellen und in Gang halten lässt, bis auf die neueste Zeit fehlte; und nicht mit Unrecht sagt J. Sachs in seiner Experimental-Physiologie in Betreff der rotirenden Keimapparate: „Dass derartige Rotationsversuche bisher von einer so geringen Zahl von Forschern angestellt worden sind, dass

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



wohl manche Pflanzen-Physiologen nicht einmal gelegentlich diese berühmt gewordenen Erscheinungen gesehen haben, dürfte wohl vorzugsweise dem Umstande zugeschrieben werden, dass man nur selten Gelegenheit findet, Maschinen bequem benützen zu können, während die Anschaffung besonderer Apparate kostspielig und ihre Überwachung unbequem ist“ [1]. Um diesem Übelstande abzuhelfen, hat Sachs einen sehr einfachen Apparat angegeben, welcher im Wesentlichen folgendermassen eingerichtet ist. An der cylindrischen Seite eines breiten, scheibenförmigen Korkes sind mehrere schief gestellte Flügel aus dünnem Messingblech so eingefügt, dass der Kork durch Anblasen der Flügel zum Rotiren gebracht wird, wenn durch denselben eine Axe durchgeht, welche an den Endpunkten mit geringer Reibung unterstützt ist. Über dem Kork wird ein Gefäss fixirt, in welchem unter die Keimungsbedingungen gebrachte Samen befestigt sind. Als Motor dient ein warmer Luftstrom, der durch eine Weingeistlampe oder durch die Wärme eines Zimmerofens hervorgebracht wird.

Ich habe mir in Gemeinschaft mit dem Assistenten meines Laboratoriums, Herrn Hock, alle Mühe gegeben, den von Sachs angegebenen Apparat zu construiren. Aber wir konnten es nicht dahin bringen, bei einer Wärme, welche die keimenden Samen nicht gefährdete, den Apparat zu einem kräftigen Rotiren zu bringen. Auch ist gegen den Sachs'schen Apparat einzuwenden, dass das Inganghalten desselben, wenn die Versuche mehrere Tage in Anspruch nehmen, des anzuwendenden Brennmaterials wegen, etwas kostspielig ausfällt.

Diese Umstände haben mich bestimmt, den Sachs'schen Apparat in der Weise zu modificiren, dass ich als Motor statt erwärmter Luft einen dünnen Wasserstrahl, der durch ein fein ausgezogenes Glasrohr aus einem höhergestellten Gefäss mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausfloss, und unter bestimmtem Winkel auf die Flügel traf, verwendete. Ein Wasserquantum von 20 Mass genügte bei einer Fallhöhe von 8—9 Fuss, den Apparat, je nach der Geschwindigkeit, welche man dem Rade gab, 10—20 Stunden zu treiben. Die Vortheile, welche die

[1] L. c. p. 111.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Ersetzung eines warmen Luftstroms durch einen Wasserstrahl für Keimversuche gewähren, leuchtet wohl ein. Aber abgesehen hiervon ist die Anwendung der Wasserkraft in unseren Versuchen aus zweierlei Gründen vortheilhafter: erstens weil sie gar keine Kosten verursacht, und zweitens, weil der mittelst Wasser getriebene Apparat weitaus weniger Beaufsichtigung erfordert, als eine Vorrichtung, die durch Heizung getrieben wird. Und gerade dieser letzte Umstand ist hier von Wichtigkeit, da es wohl bei jedem Keimversuch nöthig ist, den Apparat eine oder mehrere Nächte über in Thätigkeit zu lassen. Erst nach mehrfachen Versuchen gelang es, dem ganzen Mechanismus eine Construction zu geben, durch welche bei möglichster Belastung und geringstem Kraftaufwande die grösste Rotationsgeschwindigkeit erzielt werden konnte. Die Einrichtung des von mir benützten rotirenden Keimapparates ist folgende:

Als Achse diente eine starke Stricknadel. Die Korkscheibe hatte einen Durchmesser von 6 und eine Höhe von 4 Centim. An den Kork wurden 12 aus dünnem Messingblech geschnittene Flügel seitlich so eingepasst, dass ihre Flächen mit den ebenen Grenzflächen des Korkes einen Winkel von 55—60° bildeten. Jeder Flügel schnitt in den Kork ein; dort wo die Flügel aus dem Korke hervorragten, waren sie durchbohrt. Durch alle Löcher war ein Draht gezogen, der sich enge an den Kork anlegte und so die Flügel fest mit diesem verband. Jeder Flügel hatte die Form eines Trapezes, dessen nicht parallele Seiten eine Länge von 5·5, und dessen Basis eine Länge von 4 Centim. besass. Die Basis des Trapezes schloss mit den nicht parallelen Seiten Winkel von etwa 70° ein. Die Befestigung der Axe erfolgte in der Weise, dass deren unterer Theil auf den Grund einer gut ausgerundeten Eprouvette, deren obere Hälfte abgesprengt wurde, aufstiess, der obere Theil durch ein Stück einer schmalen Glasröhre von etwa 5 Millim. Durchmesser ging. Sowohl die Eprouvette als das Glasröhrchen waren in einen vertical aufgestellten, etwa fusshohen Holzrahmen, und zwar an Stelle einer der beiden verticalen Leisten eingepasst. Schon dieser Apparat konnte zu Keimversuchen verwendet werden, indem man auf die obere Seite der Korkscheibe die Keimlinge auf Nadeln ansteckte. Es ist aber bei dieser einfachen Adjustirung des Apparates etwas

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



umständlich, die Samen mit der nöthigen Wassermenge zu versehen. Sie trocknen oft während heftiger Rotirung stark aus, oder werden häufig auch bei Anwendung eines Tropfapparates oder auch schon durch das von den Flächen abspritzende Wasser zu stark durchnässt. Auf diese Weise können manche Keimversuche völlig missglücken. Zweckmässiger ist es, auf dem Rade durch Anbringung eines cylindrischen Gefässes einen feuchten Raum herzustellen, in welchem, wie bekannt, das Keimen so günstig verläuft. Ich verwende hierzu eine kurze, etwa 4 Centim. weite Glasröhre, deren Enden mit Korkplatten geschlossen sind. Die Achse läuft durch die beiden Korke durch. Auf den untern Kork werden die Samen an Nadeln befestigt, nachdem auf denselben durchnässte Watte gelegt wurde. Der oberste Kork wird nicht zu genau aufgesetzt, um einen hinreichenden Sauerstoffzutritt zu ermöglichen. Der so zugerichtete Apparat hat ein Gewicht von etwa 100 Grammen. Er rotirt trotz des grösseren Gewichtes besser als das Rad für sich. Zur Bewegung des Apparates verwende ich das Wasser mehrerer durch Heber mit einander verbundenen grossen Flaschen, die 8—9 Fuss über dem Apparate aufgestellt sind, und von denen das Wasser in einem Kautschukrohr abströmt, an dessen Ende sich ein ausgezogenes Glasröhrchen befindet [1]. Letzteres muss selbstverständlich während des Versuches fixirt werden. Man stellt es am besten so auf, dass der Wasserstrahl etwa senkrecht die Flächen trifft. Zur Vermeidung des Stosses ist die völlig senkrechte Richtung zu vermeiden. Durch einige Versuche wird man es leicht dahin bringen, die passendste Richtung für den auffallenden Strahl ausfindig zu machen. — Es dürfte nicht ganz überflüssig sein, darauf aufmerksam zu machen, dass für die Bewegung dieses Apparates nur reines, von mechanischen Verunreinigungen freies Wasser zulässig ist, weil sich sonst nach einigen Stunden die feine Ausflussröhre verlegt. Es ist unter allen Umständen sehr vortheilhaft, die Enden aller Heberrohre des Apparates mit Mousselin zu umbinden um nur reines Wasser zur Ausflussröhre ge-

[1] Nunmehr besitzt mein Laboratorium ein hochstehendes, grosses Wasserreservoir zur Speisung der Wasserluftpumpen etc., das begreiflicherweise für die Rotationsversuche noch bessere Dienste leistet.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



langen zu lassen. — Zur Regelung der Ausflussgeschwindigkeit bringt man am Kautschukrohr einen Quetschhahn an. Es ist dann leicht, die Rotationsgeschwindigkeit von 100 Umdrehungen in der Minute auf 200 zu steigern oder bis auf 40 abzumindern.

Die vorstehenden Untersuchungen wurden in dem unter meiner Leitung stehenden, jüngst errichteten pflanzenphysiologischen Laboratorium der Mariabrunner Forstakademie durchgeführt.

Bei vielen der angeführten Versuche hat der Assistent des Laboratoriums, Herr Melch. Hock, auf das eifrigste mitgewirkt. Ich sage ihm hiermit meinen besten Dank.